

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 62-071804  
 (43) Date of publication of application : 02. 04. 1987

(51) Int. CI.

G01B 11/06

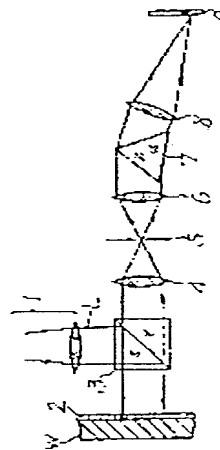
(21) Application number : 60-213211 (71) Applicant : NIPPON KOGAKU KK <NIKON>  
 (22) Date of filing : 26. 09. 1985 (72) Inventor : ICHIHARA YUTAKA

## (54) FILM THICKNESS MEASURING INSTRUMENT

### (57) Abstract:

PURPOSE: To take a high-precision measurement of film thickness under non-contacting state by separating reflected light from the film to be measured into spectral components and detecting the light by a detecting element, and measuring the film thickness from the period of the detection signal of the detecting element.

CONSTITUTION: Transparent photoresist 2 applied on a wafer W is irradiated with white light L from an illumination system 1 through a beam splitter 3 and respective reflected light beams are separated by a spectral prism 7 into spectral components, which are focused by a lens 8 on the a photoelectric detecting element such as a linear CCD. In this case, both reflected light beams interfere with each other to form light and dark fringes on the element 9. The coordinates of the signal from the element 9 are converted to  $1/\lambda$  as to wave length  $\lambda$  and Fourier transform is carried out to find the period. When the period  $X(\mu\text{m}-1)/x$  is a spatial frequency, the thickness (d) of the photoresist is calculated from  $d=1/(2nx)$ . The film thickness (d) is therefore found by detecting the light and dark interference fringes photoelectrically.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) ; 1998, 2000 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報 (A)

昭62-71804

⑫ Int.Cl.

G 01 B 11/06

識別記号

庁内整理番号

C-7625-2F

⑬ 公開 昭和62年(1987)4月2日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 膜厚測定装置

⑮ 特 願 昭60-213211

⑯ 出 願 昭60(1985)9月26日

⑰ 発明者 市原 裕 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会社大井製作所内

⑱ 出願人 日本光学工業株式会社 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

⑲ 代理人 弁理士 渡辺 隆男

明細書

1. 発明の各称

膜厚測定装置

2. 特許請求の範囲

(1) 検定すべき透明膜を複数の波長を含む光で照明する照明系と、該透明膜の表裏両面からの反射干渉光を分光する分散素子と、該分散素子によって分光された光を検出する検出素子とを含み、該検出素子の出力する検出信号の周期から前記透明膜の膜厚を測定可能に構成したことを特徴とする膜厚測定装置。

(2) 前記分散素子は、分光プリズムまたは回折格子であって、該分散素子に入射する前記反射干渉光は一对のレンズ(4、6)とその瞳位置に設けられた絞り(5)とから成る空間フィルタによって散乱光が除去されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の膜厚測定装置。

(3) 前記検出素子は、C、C、D、またはP D Aの如きアレーセンサーまたは摄像管、固体イメージセンサー、イメージディセクターチューブ

の如き撮像素子であって、前記分散素子によって分光された光の干涉域の光強度と間隔を検出する如く構成されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項または第2項記載の膜厚測定装置。

(4) 前記検出素子は、ホトマル、ホトトランジスタ、またはホトダイオードの如き一個のデバイス(9a)から成り、前記分散素子は波長を走査する回転分光プリズム(7a)であることを特徴とする特許請求の範囲第1項または第2項記載の膜厚測定装置。

3. 発明の詳細な説明

〔発明の技術分野〕

本発明は、透明膜の膜厚測定装置に関し特に半導体製造においてフォトレジスト等の比較的厚い膜厚の測定に好適な膜厚測定装置に関する。

〔発明の背景〕

従来、反射防止膜のような透明な薄膜の膜厚測定には、光の干渉あるいは偏光回折等が用いられている。しかし、これ等の方法で例えばフォトレジストの如き厚い膜を測定する場合には、使用す

る光の波長に対して膜厚が大きすぎるため、干渉の次数が不明となり、測定不可能であった。その干渉の次数を決めるため蒸着膜等では、その蒸着中に連続的に膜厚をモニターすることにより、欠数をカウントして膜厚を測定することも可能であるが、フォトトレジスト等の如く瞬時に膜を形成する場合には、上記の膜厚をモニターする方法は採用できない。従って、従来、このフォトトレジストの膜厚測定の場合には、膜の一部を基板から剥離してフォトトレジストの付着面とフォトトレジストの表面との段差を干渉とかタリスティップ (Tally Step) 等を用いて測っていた。しかし、この方法では、作業工程が面倒でしかも被測定物を破壊損傷させる恐れが有った。

## (発明の目的)

本発明は上記従来の測定方法の欠点を解決し、例えばフォトトレジストの如き比較的厚い透明膜の厚さを、無接触で且つ高精度に測定できる膜厚測定装置を提供することを目的とする。

## (発明の概要)

間フィルター系を通り、分光プリズム 7 で分光され、レンズ 8 によって例えば一次元 C C D の如き光電検出素子 9 上に集光される。その際、フォトトレジスト 2 とウェハ W の表面からの反射光が干渉して光電検出素子 9 上で明暗の縞を作る。

この縞は、フォトトレジスト 2 の厚さを  $d$ 、屈折率を  $n$ 、光の波長を  $\lambda$  とすると、  

$$2nd = m\lambda \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

を満たす波長で明るくなり、  

$$2nd = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

を満たす波長で暗くなる。従って、光電検出素子 (一次元 C C D) 9 からは、第 2 図に示す如き信号が得られる。この信号は波長  $\lambda$  に関して非周期的であるが、 $1/\lambda$  に座標変換すれば、第 3 図に示すように周期的な信号が得られる。この第 3 図の信号から周期を求めるためには、第 3 図の信号をフーリエ変換すればよい。この信号の周期を  $X (\mu m^{-1})^{1/2}$  を空間周波数とすると、フォトトレジストの厚さ  $d$  は、

$$d = 1 / (2nX) \quad \dots \quad (1)$$

で与えられる。

上記の目的を達成するために本発明は、測定すべき透明膜を複数の波長を含む光例えば白色光で照明する照明系と、その透明膜の表裏両面からの反射干渉光を分光する分散素子と、その分散素子によって分光された光を検出する検出素子とを含み光の干渉によって起る現象であるチャンネルドスペクトラム即ち波長によって反射光強度の異なる現象を用いて検出素子の出力する検出信号の周期から透明膜の膜厚を測定可能に構成することを技術的要点とするものである。

## (実施例)

以下、本発明の実施例を添付の図面に基づいて詳しく説明する。

第 1 図は本発明の一実施例を示す光学系概略図で、ウェハ W 上に塗布された透明なフォトトレジスト 2 は照明系 1 によりコリメートされた白色光によってビームスプリッタ 3 を介して照射される。フォトトレジスト 2 およびウェハ W のそれぞれの表面で反射された光は、ビームスプリッタ 3 を透過し、一対のレンズ 4、6 および絞り 5 から成る空

従って、分光プリズム 7 によって分光された光による明暗の干渉縞を光電的に検出し、その検出信号の周期から膜厚  $d$  を式によって求めることができる。

一方、ウェハ上には一般に微細なバターンの凹凸が形成されているので、この面に光を投射すると、その面からの反射光束中には散乱光が多く含まれる。その散乱光は雑音となって測定精度に悪影響を及ぼすので、これを除去するために、一対のレンズ 4 と 5 の間の鐘位置に絞り 5 (空間フィルター) が設けられる。光電検出素子 9 としては、第 1 図の実施例では一次元 C C D が用いられているが、P D A (フォトダイオードアレー) 等の如きアレーセンサーや撮像管、固体イメージセンサー、イメージディセクターチューブ等の如き撮像素子であってもよい。また、第 4 図に示すように分光プリズム (分散素子) 7 a を動かして波長を走査することにより、上記の撮像素子の代りにホトトランジスタまたはホトダイオードの如き 1 個のディセクタ 9 a で受光する如く構成してもよい。

また、分散素子 7 a を動かす代りに、光源の波長を走査し、その走査された波長の屈折光でフォトレジスト 2 を照射してもよい。さらに、分散素子として、分光アリズムの代りに回折格子でもよく、音響光学効果を有する音響光学(AO) 素子を用いてもよい。

さて、第3図の信号から周期を求めるためには、その信号をフーリエ変換してやればよいが、実際には、ウェハWおよびフォトレジスト2を含む光学系には、波長特性(分光特性)があるので、あらかじめ光学系の波長特性を測定および計算してその値を求め、その特性を補正して、できるだけ理想的な正弦波状に第3図の信号を近づけるようにすることが望ましい。(この補正是コンピュータで行うのがよい。) また、第3図の信号では、不要な直流成分を含んでいるので、特にフォトレジストが薄い場合には、周波数(周期)が求められなくなったり、誤差が大きくなるので、データの最大値(の平均)と最小値(の平均)の平均値をデータから差し引いて第5図に示す如ききれい

な形の信号とする。

さらに、データ領域をデータの無い部分に拡大(ただし、拡大した領域でのデータは0(ゼロ))し、FFT(高速フーリエ変換)を行うと、第6図の実線にて示すような連続した信号が得られる。第6図において黒点にて示した値は、上記のデータ領域を拡大せずにFFTを行った場合の値である。この値は、第5図の1/λの領域の逆数で決る値で、不連続なものとなる。従って、できるだけ細かい値を知りたいときは1/λの領域を拡大してFFTを行う必要がある。このFFTの値の最大値を与える座標、すなわち第5図の信号の周波数から前述の(1)式によって膜厚dを高精度に求めることができる。このとき、第3図から第5図への変換、すなわち直流成分の除去を行わないと、FFTの最大値は原点(周波数0)となる。その為、求める周波数は原点を除いた最大値(極大値)となり、膜が厚い場合には、この周波数は大きな値となるので原点での最大値と明確に区別され、簡単に求めることができる。しかし、

膜が薄くなると、原点での最大値と分離不可能になったり、たとえ分離できても、誤差が増大するので、薄い膜の膜厚測定の場合には、第3図から第5図への信号の変換は必須の条件となる。

いま、白色光の波長範囲を $\lambda = 0.4 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 、フォトレンジストの屈折率を $n = 1.5$ とすると、最小膜厚 $d_{min}$ は、(1)式から

$$d_{min} = \frac{1}{1/0.4 - 1/0.8} \times \frac{1}{2 \times 1.5} = 0.27 (\mu\text{m})$$

最大膜厚 $d_{max}$ は、サンプル点数(CCDの場合は受光素子数)をNとすると、

$$d_{max} = \frac{1}{1/0.4 - 1/0.8} \times \frac{1}{2 \times 1.5} \times \frac{N}{2} = 0.133 N (\mu\text{m})$$

例えば、サンプル点数 $N = 64$ とすると

$$d_{max} = 0.133 N = 8.5 (\mu\text{m})$$

となる。またデータ領域を10倍に拡大した場合の分解能は、

$$\frac{1}{1/0.4 - 1/0.8} \times \frac{1}{2 \times 1.5} \times \frac{1}{10} = 0.027 (\mu\text{m})$$

となる。

上記の説明は、第1図に示す如く、不透明なウェハWの上に透明なフォトレジストが塗布されている場合であるが、一般には、ウェハの上にSiO<sub>2</sub>、Al等の膜が形成され、その上にフォトレジストが塗布される。フォトレジストの下の膜が不透明な場合には、前述の議論はそのまま成立する。しかし、その膜が透明膜の場合には多光束の干渉となり、反射光は複雑なものとなる。その場合の測定の仕方を次に述べる。第7図はウェハW上に透明膜10が形成されている場合、第8図は、第7図の透明膜10の上にさらにフォトレジスト2が塗布されている場合の反射光の様子を示す断面説明図である。また、第9図では第7図に示す反射光に基づくデータのフーリエ変換(FFT)の結果を示し、第10図は第7図に示す反射光に基づくフーリエ変換(FFT)の結果を示す線図である。第7図に示す状態では、ウェハWからの反射光束aと透明膜10の表面からの反射光束bとが干渉する。従来の2光束干渉と同一であるので、

第9図で示す如く1個所にのみピークをもつ曲線が得られる。しかし、第8図のようにウェハW、透明膜10およびフォトレジスト3の表面からそれぞれ反射する3つの反射光束a、b、cによる3光束干渉の場合には、第10図に示すように3個所にピークが出る。このうち1個所は、ウェハWとウェハ上の透明膜10の表面からの反射光aによるもので、第9図と同じ位置に現われる。他の2個所のピークのうち、周波数の高いものは、ウェハWとフォトレジスト2の表面からの反射光a-cによるものであり、残りの1個のピークがウェハW上の透明膜10（すなわちフォトレジストの裏面）とフォトレジスト2の表面からの反射光b-cによるものである。

従って、フォトレジスト2の膜厚を求めるには、最初のフォトレジストを塗布する前に、第1図の装置を用いてデータを取り、フーリエ変換をして第9図に示す如き線図に示すようなピーク位置を求め、その位置を、メモリー装置に記憶しておく、次に、フォトレジスト2を塗布して、同様にして

データを取り、フーリエ変換をして、第10図に示すようなピークを求め、記憶したデータから、それぞれのピークを決定して厚さを求めればよい。ただし、フォトレジスト2の厚さによっては、求めるピークが最初の記憶したピークと区別できないことがある。そのときは、周波数の高いピーク位置と記憶したピーク位置との差から求めるピーク位置を決定することができる。

#### (発明の効果)

以上の如く本発明によれば、被測定膜からの反射光を分光して、検出素子でその光を検出し、その検出信号の周期から膜厚を測定するようにしたから、面倒な操作無しに非接触で且つ非常に高い精度で膜の厚さを測ることができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例を示す光学系配置図、第2図は、第1図の実施例中の検出素子から出力される出力信号曲線図、第3図は、第2図の出力信号の座標を変換した信号曲線図、第4図は第1図の実施例とは異なる本発明の第2実施例を示す

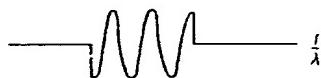
光学系図、第5図は第3図の信号波形から直流、成分を除去した信号曲線図、第6図は、第5図のデータ領域を抜けて高速フーリエ変換を行った曲線図、第7図はウェハに透明膜を形成したときの反射光説明図、第8図は、第7図の透明膜の上に更にフォトレジストを塗布したときの反射光説明図、第9図は、第7図の反射光を第1図の実施例装置で検出し、そのデータを高速フーリエ変換して得た曲線図、第10図は第8図の反射光を第1図の実施例装置で検出し、そのデータを高速フーリエ変換して得た曲線図を示す。

#### (主要部分の符号の説明)

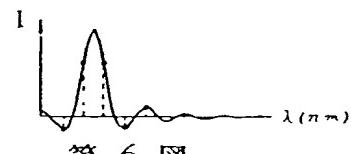
- 1 …… 照明系 2 …… フォトレジスト（透明膜）
- 3 …… ピームスプリッタ
- 5 …… 紗り（空間フィルター）
- 7、7a …… 分光プリズム（分散素子）
- 9 …… 一次元CCD
- 9a …… フォトトランジスタ | (検出素子)

出願人 日本光学工業株式会社

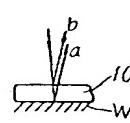
代理人 渡辺 隆男



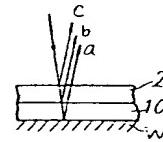
第5図



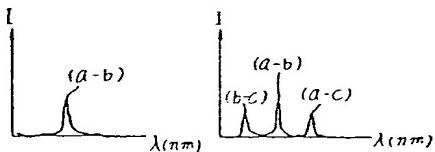
第6図



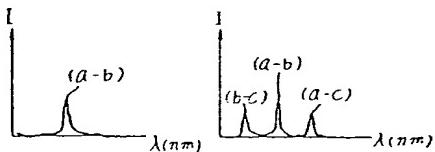
第7図



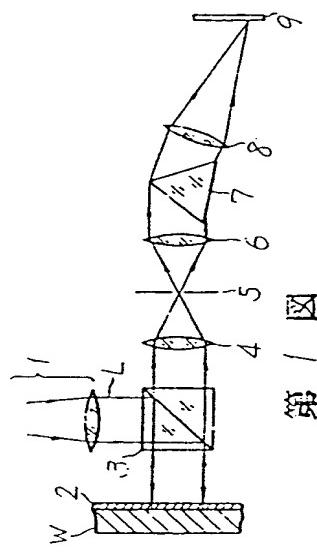
第8図



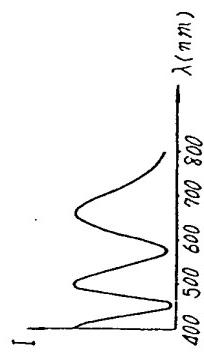
第9図



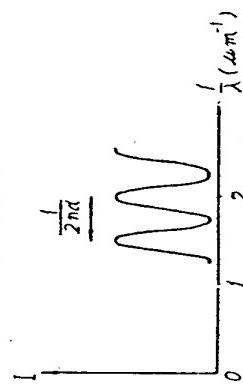
第10図



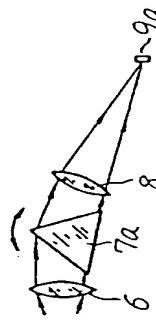
第1図



第2図



第3図



第4図